

Prof. Evanildo Lacerda Jr.

1) Uma área escura no espaço, aparentemente desprovida de estrelas, denomina-se nebulosa escura (clique para ver um exemplo: <http://apod.nasa.gov/apod/ap060409.html>). Ela é uma nuvem escura de gás frio no espaço interestelar que contém matéria suficiente para bloquear a luz proveniente de estrelas que estão atrás dessa região. Uma nebulosa escura típica possui um diâmetro da ordem de 20 anos-luz e contém cerca de 50 átomos de hidrogênio (H) por centímetro cúbico, a uma temperatura de 20K.

- Estime o livre caminho médio ( $\lambda$ ) de um átomo de hidrogênio em uma nebulosa escura. Considere o raio de um átomo de hidrogênio da ordem de  $r_H \approx 5 \times 10^{-11}$  m.
- Estime a velocidade quadrática média ( $v_{rms}$ ) de um átomo de hidrogênio e o tempo livre médio ( $\bar{t}$ ).
- Estime a pressão no interior de uma nebulosa escura.

2) Mostre que

$$P(x, t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$$

satisfaz a equação de difusão

$$D \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = \frac{\partial P}{\partial t}.$$

3) De modo análogo a definição da velocidade quadrática média ( $v_{rms} = \sqrt{v^2}$ ) podemos definir o deslocamento quadrático médio de uma partícula como  $r_{rms} = \sqrt{r^2}$ , e uma vez que  $\sigma_r^2 = r^2 = 2Dt$ , onde  $D$  é o coeficiente de difusão e  $t$  o tempo decorrido teremos

$$r_{rms} = \sqrt{2Dt}.$$

Assim, para as moléculas de  $N_2$  e  $CO_2$  em condições ambiente ( $T = 300$  K, e  $P = 1$  atm), calcule:

- O livre caminho médio ( $\lambda$ ).
- O tempo livre médio ( $\bar{t}$ ).
- O coeficiente de difusão.
- O tempo necessário para cada molécula se deslocar um metro (use  $r_{rms} = 1$  m).
- Escreva a expressão para a dependência do tempo  $t$  com a temperatura  $T$ .

Diâmetro molecular: 3.50 Å ( $N_2$ ), 4.6 Å ( $CO_2$ ), 1 Å =  $10^{-10}$  m.